

Texto de apoio para Tecnologia em Rádio e TV
Willians Cerozzi Balan (2009)

1- A TV Digital, histórico tecnológico

1.1- A formação da imagem na TV analógica

Com o conhecimento da formação da imagem no olho humano e com a união de várias descobertas da física o homem pode dar seu passo para a invenção da TV. As dimensões 4:3 da tela foram herdadas do cinema, que na época utilizava o filme de 16 mm, e apresentava este formato. Com o tempo o cinema evoluiu para o aspecto 9:5, 16:9, cinemascope, cinerama e outros, porém a TV só vislumbrou a mudança de formato com o surgimento da TV digital.

O princípio de tudo é a luz. Tanto no cinema quanto na fotografia, a câmera possui um conjunto de lentes que projeta sobre um elemento sensível os raios de luz refletidos pelos objetos enquadrados. Os elementos sensíveis à luz estão dispostos no filme ou película. Comparando a câmera de cinema e a câmera de TV com o olho humano é possível traçar a relação entre os elementos.

No olho humano os elementos diretamente responsáveis pela formação da imagem são a córnea, a pupila, o cristalino e a retina. A córnea é a primeira lente para direcionar os feixes luminosos para o interior do globo ocular (camara escura). Trata-se de uma lente que precisa ser mantida limpa e translúcida. O segundo elemento por onde a luz passa é a pupila. Esta tem a responsabilidade de controlar a intensidade do fluxo luminoso que penetrará no globo ocular. A musculatura da pupila é controlada por impulsos transmitidos pela retina. Quando a luz que atinge a retina é muito intensa, é enviada uma informação a musculatura da pupila para que ela se feche reduzindo a intensidade de luz que a atravessa, até o ponto adequado para o bom funcionamento das células da retina. O elemento seguinte por onde passa a luz é o cristalino, uma lente que se altera automaticamente, aumentando ou diminuindo sua curvatura e anatomia, de maneira a permitir que o foco da imagem correspondente ao centro de interesse seja projetado adequadamente sobre a retina. Quando o centro de interesse é um objeto próximo ao olho, o cristalino se altera para reduzir o ponto focal do objeto tornando-o focado sobre a retina. Quando o objeto centro de interesse está distante do olho, o cristalino de altera, para que o foco continue correto sobre a retina.

A retina é uma camada interna do globo ocular. É composta por células sensíveis a luz, dispostas em toda superfície. Existem dois tipos de células, os cones e os bastonetes. Estas células são excitadas conforme a quantidade de luz que recebem. Quanto maior a intensidade de luz, mais impulso eletro-químico elas enviam via nervo ótico ao cérebro, quanto menos luz, menor a quantidade de impulsos eletro-químico são enviados para o cérebro.

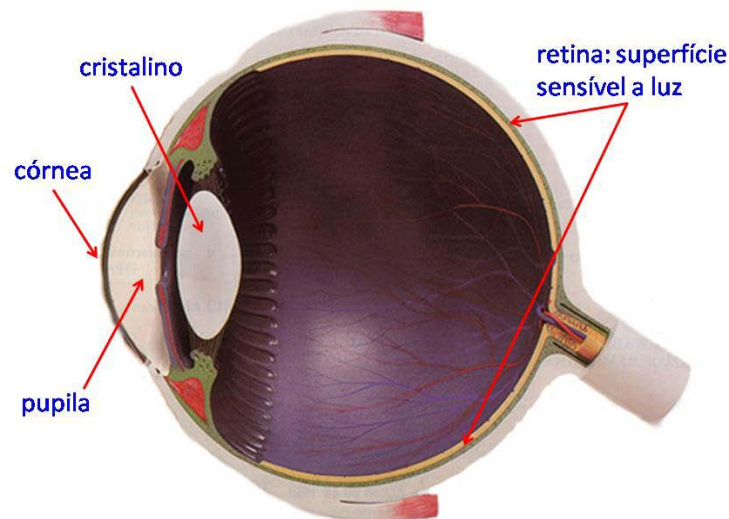


Fig. 1 – Elementos do olho humano

Os bastonetes são células que, pelo comprimento de onda dos raios luminosos, percebem apenas a intensidade luminosa, o claro e o escuro, independente da cor. Eles registram a imagem sem cor. Em televisão diz-se os tons de cinza entre o preto e o branco. Os bastonetes são capazes de perceber e medir até 150 níveis distintos de cinza. Por esta razão define-se que o olho humano consegue perceber até 150 níveis de cinza e suas nuances, desde o preto até o branco.

Os cones são células também sensíveis a luz, que são acionadas pelo comprimento de onda da luz. Porém com características distintas ao bastonete. São três tipos de cones: o que é excitado pelo comprimento de onda dos componentes vermelhos da luz (red), o segundo tipo de cone que é excitado pelos componentes verdes da luz (green) e o terceiro tipo que é excitado pelo comprimento de onda dos componentes azuis da luz (blue). Os bastonetes e os cones separam os componentes que compõem a imagem que está sendo projetada sobre a retina. Assim os elementos da luz são interpretados pelo cérebro humano de forma a construir a imagem que o home vê.

Na câmera de TV, ou cinema, a córnea e o cristalino deram lugar ao conjunto de lentes. A pupila do olho humano controla a quantidade de raios luminosos que serão projetados na retina. Esta função de controle da intensidade luminosa foi referência para a criação do sistema de íris do conjunto de lentes da câmera, com a mesma função: controlar a quantidade de raios luminosos que penetram nos elementos sensíveis. A retina deu lugar à película, no caso do cinema e fotografia, e ao tubo de imagem ou CCD no caso da televisão. Na película, tanto do cinema quanto da fotografia, os raios luminosos sensibilizam os elementos quimicamente fotossensíveis registrando assim a cena com seus tons de claro e escuro. Quando na projeção, novamente uma fonte de luz passa seus raios luminosos pela película projetando na tela os tons de claro e escuro reproduzindo as cenas registradas.

A película tem seus elementos fotossensíveis formados por minúsculos pontos dispostos lado a lado, como se fosse um mosaico onde cada elemento é sensibilizado por um ponto da imagem captada. Quanto mais pontos, maior número de detalhes pode ser registrado.

A televisão funciona com o mesmo princípio. A câmera de TV é composta pelo conjunto de lentes, pelo corpo processador da luz e pelo sistema de monitoração de vídeo da câmera, chamado “*viewfinder*”. A luz refletida pelos objetos enquadrados é projetada através das lentes para um conjunto de elementos sensíveis da câmera que transforma os sinais luminosos em sinais elétricos. As semelhanças com o cinema e fotografia terminam neste ponto. Na TV, a partir do momento que a luz é transformada em sinais elétricos, estes sinais passam a ser processados eletricamente através de amplificadores, redutores de ruído e filtros eletrônicos, de tal forma que possam ser gravados ou transmitidos ao vivo. Para que a imagem possa ser formada eletronicamente, a luz projetada sobre os elementos que transformam a luz em sinais elétricos são varridas ponto a ponto.

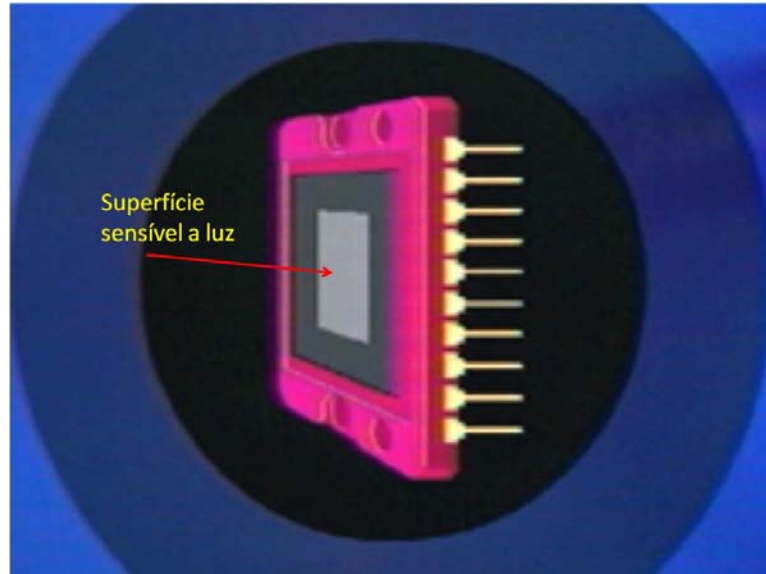


Fig. 2 – CCD – dispositivo digital para conversão da luz em sinais elétricos

No princípio, o tubo de imagem, ou Tubo de Raios Catódicos - CRT, foi o primeiro sistema utilizado para transformação da luz em sinais elétricos, hoje substituído com muitas vantagens pelo CCD - *Charge Couple Device*. No olho humano a imagem projetada na retina é varrida por cada célula nervosa cujas informações são enviadas separadamente pelo nervo ótico ao cérebro que processa as imagens dando ao homem o sentido da visão. Como no olho humano, o dispositivo de captura de imagens, o CCD, é composto por diversos elementos sensíveis à luz. Estes elementos são dispostos em linhas cobrindo toda a superfície chamada sensível. Cada elemento recebe uma pequena porção da imagem, que é transformada em sinal elétrico. Por um prisma posicionado entre a lente da câmera e o CCD, o feixe luminoso que traz a luz refletida pela cena enquadrada pela câmera é dividido nas três cores básicas da luz, o vermelho o verde e o azul, denominada RGB (*red, green, blue*). Assim, cada cor, separadamente, porém em sincronismo, é convertida em sinal elétrico conforme a intensidade luminosa em cada elemento. A estes sinais elétricos são analógicos e passam a ser processados separadamente pelos circuitos da câmera de TV. Na TV analógica, o CCD possui 525 linhas com aproximadamente 850 pontos, ou elementos sensíveis, em cada linha. A quantidade de linhas, 525, determina o padrão “M” para a formação da imagem na TV. A quantidade de pixels pode variar. Quanto mais pixels existirem nas linhas, maior a qualidade da imagem, mais detalhes podem ser registrados. Cada equipamento tem uma quantidade de pixels conforme o modelo definido pelo fabricante. Por exemplo, o antigo sistema de vídeo doméstico VHS, opera com aproximadamente 180 pixels por linha. O sistema profissional

Betacam opera com 500 pixels por linha. O sistema doméstico DVD trabalha com 400 pixels por linha. Já as câmeras de TV, tem uma quantidade de pixels bem maior que o sistema de gravação pode registrar, variando conforme o modelo em até 950 pixels por linha, o que permite captar com muito mais qualidade do que o sistema de gravação pode registrar. Por isso transmissões ao vivo tem mais qualidade na imagem transmitida que programa gravado, pois o sistema de gravação limita a quantidade de pixels registrado conforme o modelo utilizado.

Com relação ao sistema de captação, a imagem projetada no CCD é varrida ponto a ponto, onde cada ponto registra a intensidade de luz que aquele ponto representa no todo da imagem. É como a pintura com a técnica do pontilhismo, ao ser observada bem de perto serão vistos apenas pontos claros e escuros com seus tons intermediários. A medida que o observador se distancia da tela percebe que o conjunto de pontos forma uma imagem. Quanto mais pontos forem colocados, mais detalhes são percebidos na imagem.

O elemento eletrônico sensível que transforma a luz em sinais elétricos é formado por uma superfície que de um lado muitos elementos químicos individuais dispostos lado a lado formando uma linha. Cada ponto, também chamado “*pixel*”, é um elemento sensível à luz. A TV brasileira trabalha com o padrão americano denominado “M”, que utiliza 525 linhas para formar uma imagem completa, estática, chamado “quadro” ou no seu termo em inglês “*frame*”. O padrão de 525 linhas por quadro é utilizado devido ao sincronismo da nossa rede de energia elétrica que trabalha com a frequência de 60 Hz (sessenta hertz). Países onde a energia elétrica é gerada com a frequência de 50 Hz como Alemanha, Argentina, e outros principalmente na Europa, o sincronismo da imagem é formada por 625 linhas por quadro e 25 quadros por segundo para dar a sensação de movimento. Quando a luz refletida pelos objetos enquadrados pelas lentes da câmera é projetada sobre o conjunto de *pixels*, cada ponto é sensibilizado isoladamente desequilibrando a carga elétrica positiva e negativa. Quanto mais clara a luz que atinge determinado pixel, maior o grau de desequilíbrio entre cargas, quanto menor a intensidade de luz que atinge o pixel, menor o desequilíbrio de cargas. Em seguida ocorre o processo de varredura em cada linha passando por todos os elementos sensíveis provocando uma compensação de cargas elétricas de tal forma a equilibrar novamente a quantidade de cargas positivas e negativas de cada elemento.

Neste momento o diferencial de cargas de cada pixel é descarregado por um circuito elétrico gerando diferentes níveis elétricos para cada ponto, seqüencialmente, sendo que para sinais claros, que provocaram maior desequilíbrio de cargas, maior a intensidade elétrica; para sinais escuros que provocaram menor desequilíbrio de carga, menor a intensidade elétrica.

Este processo, chamado de “modelo de varredura”, começa no alto da tela e “varre” ponto a ponto em cada linha, da esquerda para a direita, de cima para baixo. Cada varredura desta forma gera um quadro parado da imagem. Esta varredura acontece uma vez a cada $1/30$ de segundo e se repete 30 vezes no intervalo de tempo de um segundo dando então a impressão do movimento, que como no cinema, é uma sucessão de quadros parados. A impressão que se tem ao observar o movimento da imagem na TV só ocorre por uma característica da visão chamada “persistência da visão”. No olho humano, quando a retina é sensibilizada pela luz, o cérebro recebe esta informação como se fosse uma imagem sem movimento e imediatamente as células da retina se renovam sendo sensibilizadas pela nova imagem que foi projetada sobre ela. Este processo demora um pequeno intervalo de tempo. É o tempo suficiente para que o cérebro não perceba a imagem como vários quadros parados, mas sim como uma seqüência de movimento.

O cinema adota a projeção de 24 quadros por segundo, que já é suficiente para o olho não perceber os quadros parados. No entanto a televisão utiliza-se de varredura eletrônica, alimentada pela rede elétrica que é gerada a 60 ciclos por segundo ou a 50 ciclos por segundo, conforme o país. Como os circuitos elétricos dependem de sincronização de varredura, foi necessário criar uma padronização. Por isso, em países como Brasil, Estados Unidos, e todos que tem sua energia elétrica gerada por usinas onde o gerador elétrico gera energia a 60 ciclos por segundo, ou 60 Hertz, a imagem é formada por 525 linhas de elementos sensíveis e o movimento com a projeção de 30 quadros parados para cada 1 segundo de movimento. Em países onde o gerador elétrico gera energia a 50 ciclos por segundo, ou 50 Hz, como o Paraguai, França, Alemanha, o mosaico de elementos sensíveis é formado por 625 linhas, sendo que são varridos 25 quadros parados para cada 1 segundo de movimento. Isto ocorre porque o feixe de elétrons que varre os elementos sensíveis são sincronizados para ler a primeira linha em tempo pré-determinado tendo por base a ciclagem da energia elétrica que alimenta o sistema. Caso esta sincronização não fosse respeitada, a imagem seria formada com faixas escuras passando pela tela, chamadas de “batimento”. Este batimento pode ser visto com facilidade quando utiliza-se uma câmera de TV enquadrando uma tela de computador. Como o sincronismo é diferente, surgem faixas passando pelas imagens que não são percebidas a olho nu. Depois que a imagem foi captada pela câmera de TV, transformadas em sinais elétricos, ela pode ser gravada, processada ou transmitida.

No televisor ocorre o processo inverso da câmera. No caso de aparelhos de TV com tubo (CRT), as imagens são formadas por uma superfície de vidro banhada por um produto químico, o fósforo, que brilha quando atingido por um feixe de elétrons. Como no tubo da

câmera, o tubo da TV possui um filamento que aquece um cátodo, que por sua vez libera elétrons quando aquecido, tem uma grade que acelera os elétrons em uma mesma direção formando um feixe de elétrons e conta com dois eletroímãs que movimentam o feixe de elétrons de cima para baixo e da esquerda para a direita. A varredura que a câmera fez no momento de transformar a luz em sinais elétricos é sincronizada no televisor. O feixe de elétrons na câmera começam a varrer os elementos fotossensíveis na primeira linha superior, lendo linha a linha até a última linha na parte de baixo da tela. Sincronizado com a câmera, o televisor joga o feixe de elétrons na primeira linha da tela e varre linha a linha até a última linha na parte de baixo da tela. Como cada ponto no tubo da câmera gerou uma intensidade elétrica, esta intensidade vai se reproduzir gerando feixe de elétrons mais fortes ou mais fracos no tubo da TV. Para cada ponto, o feixe de elétrons toca na camada sensível da tela, de forma que, para sinais com maior intensidade elétrica o ponto brilha mais, para menor intensidade elétrica, o ponto brilha menos. Na visão do todo, a imagem passa a ser formada pela união de todos os pontos da tela como um só conjunto, sendo que os *pixels* mais brilhantes formam as partes claras e os *pixels* menos brilhantes formam as partes escuras de uma cena. Entre o todo claro e o todo escuro para cada ponto, estão os níveis intermediários de luz, que formam as nuances dos tons de cinza. A televisão analógica trabalha com até 30 níveis distintos entre o preto e o branco. É a chamada relação de brilho e contraste de 1:30 (de um para trinta). O cinema consegue trabalhar entre 50 e 70 níveis de cinza enquanto o olho humano distingue entre 100 e 150 níveis de cinza. Na TV digital, a relação de contraste é consideravelmente maior como será descrito adiante. Este conceito é um componente importante para que se saiba como trabalhar a iluminação, respeitando as características técnicas da TV e que será visto posteriormente ainda nesta pesquisa.

A qualidade da imagem na TV analógica é diretamente proporcional ao número de linhas e a quantidade de pixels que formam cada linha. Na TV analógica, padrão “M” o número de linhas é fixo, 525, com variação da quantidade de pixels por linha conforme o tipo de equipamento. A televisão transmite em torno de 450 pontos por linha, mas com a perda característica da transmissão analógica, o receptor recebe em torno de 330 pixels por linha. No entanto cada tipo de equipamento de TV tem sua característica. Por exemplo, o antigo VT doméstico VHS trabalha com aproximadamente 180 pontos por linha; o DVD, mesmo gravando e exibindo vídeo em formato digital, utiliza em torno de 400 pixels por linha; o antigo sistema de VT profissional U-Matic utilizado pelas emissoras de TV até a década de 1990 trabalhava entre 260 e 340 pontos por linha dependendo do modelo. Já o sistema Betacam ainda utilizado pelas emissoras de TV, tem em torno de 500 pontos por linha.

Quanto mais pontos por linha, mais detalhes podem ser registrados, pois são mais pixels para registros individuais do todo. Em outras palavras, quanto mais pontos um equipamento consegue registrar, armazenar e processar, mais qualidade técnica ele oferece para produção. Enquanto na formação da imagem analógica esta resolução é fixa, limitando a manipulação, na imagem digital ela é variável tanto na horizontal quanto na vertical, permitindo que a imagem possa ser manipulada na parte ou no todo, viabilizando infinitos recursos de produção.

1.2- A formação da imagem na TV Digital

A formação de imagens na TV Digital segue princípios parecidos com o sistema analógico sob o ponto de vista da transformação da luz em sinais elétricos. A imagem é formada por linhas construídas pela sucessão de pixels em cada linha. A grande diferença é o processo tecnológico utilizado. Pelo avanço dos componentes eletrônicos, estes se tornaram menores e mais eficientes. Enquanto uma câmera que utilizava tubo de raios catódicos precisava que a cena fosse iluminada com um mínimo de 2.000 lux¹ de intensidade luminosa para poder registrar a cena, as novas câmeras com CCD, de varredura totalmente digital, conseguem “enxergar” com menos de 10 lux.

No sistema analógico, o sinal elétrico registrado por cada pixel é convertido em tensão elétrica, medida em volts, cujo valor é diretamente proporcional a intensidade de luz que excitou o elemento sensível correspondente. Uma luz que toca o elemento sensível com o máximo de intensidade gera uma tensão elétrica de 1,0 V (um volt). A luz que excita o pixel com 50 por cento da intensidade total gera uma tensão elétrica de 0,5 V (meio volt). Já o pixel que não recebe nenhuma intensidade luminosa, gera uma tensão elétrica de 0,05 V (cinco centésimos de volt). Entre a tensão mínima, correspondente ao preto, e a tensão máxima, correspondente ao branco, em uma mesma cena, o sistema consegue registrar 30 níveis de cinza, que é chamado de relação de contraste. Por esta razão, na TV analógica a relação de contraste é de 30:1, ou seja, em uma mesma cena, a parte mais clara, correspondente ao branco, não pode ser mais que 30 vezes mais clara que a parte mais escura. Isto implica que a produção da imagem para a TV analógica está limitada a uma relação de contraste de 30:1, exigindo cuidados na montagem cenográfica, figurino, maquiagem e também nos elementos de grafismo. Com este padrão, a imagem gerada pela câmera pode ser gravada, editada e transmitida.

No sistema digital para formação da imagem, o processo de transformação da luz em sinais elétricos segue o mesmo princípio, porém o sinal elétrico passa a ser processado em linguagem binária. O pixel que recebe a maior intensidade de luz proporcionada pela cena enquadrada pela câmera é excitado de tal forma a gerar uma tensão elétrica de 1,0 V (um volt). Enquanto no sistema analógico este sinal é processado em volts, na captação digital esta tensão elétrica é convertida como uma amostra que pode ser definida como uma combinação

¹ LUX: unidade de medida da intensidade luminosa onde um lux representa a intensidade luminosa emitida pela chama de uma vela.

de chaves que só tem duas possibilidades: ou está ligada ou está desligada. Quando está ligada, denomina-se o dígito 1 (um) e quando está desligada denomina-se como dígito 0 (zero). Assim, os elementos da imagem, nas suas diferentes intensidades, são codificadas em conjunto de códigos binários de 1 e 0 (uns e zeros). Uma vez codificado, este elemento da imagem não se trata mais de um elemento de imagem, mas de um código que contém as informações correspondentes à intensidade daquele elemento. Todos os pixels que formam a imagem são codificados separadamente, um a um, na ordem seqüencial da varredura realizada pelo CCD, desde o primeiro pixel da primeira linha até o último pixel da linha 525. Estes códigos são uma amostra do sinal de vídeo original e podem ser gravados, processados, alterados ou transmitidos. Daí o motivo pelo qual o sinal digital não sofre as perdas características do sistema analógico, pois não se trata mais de níveis elétricos, mas sim de códigos que contém as informações daqueles elementos. Estes códigos ao serem transportados de um meio para outro não sofrem interferências. Quando os pixels são codificados um a um, é denominado que o vídeo não teve compressão, ou seja, para cada pixel existe uma combinação de dígitos que o representa integralmente. No capítulo sobre a digitalização da imagem serão descritos os diversos formatos para codificação de vídeo e suas aplicações.

No televisor ocorre o processo inverso. No caso do televisor analógico, a superfície onde a imagem será apresentada é composta por elementos químicos que brilham conforme são tocados por um feixe de elétrons. A superfície é composta por elementos sensíveis dispostos em linhas. Cada pixel recebido pelo receptor traz as informações de intensidade em volts, que foi registrado pela câmera. Se o pixel tem carga de 1,0 V, faz com que o feixe de elétrons seja mais forte, fazendo com que o pixel correspondente na tela, brilhe mais. Se o pixel tem carga de 0,5 V, o feixe de eletros terá metade da intensidade elétrica e fará o elemento brilhar com 50 % de sua capacidade, reproduzindo um nível de cinza a 50 %. Da mesma forma, quando o pixel tiver uma carga elétrica de 0 V (zero volts) o elemento não emitirá brilhos. Assim, a varredura na tela, pixel a pixel, linha a linha, reproduzirá os brilhos que foram registrados pela câmera. A tela, vista a distância pelo espectador, permitirá perceber uma imagem formada que corresponde a imagem captada.

No televisor digital, o sistema de reconstrução das imagens não utiliza feixe analógico de elétrons. Várias tecnologias foram desenvolvidas e outras estão em desenvolvimento, que permitiram a reconstrução da imagem diretamente no formato digital. O princípio da formação da imagem é o mesmo, porém a forma é outra. Os novos displays são compostos por elementos que brilham sem a necessidade de um feixe de elétrons. São os dispositivos baseados em LCD – *Liquid Crystal Display*, que brilham proporcionalmente à descarga

elétrica recebida, porém com modelo de varredura também digital. Por isso consomem menos energia para seu funcionamento, são menores e permitiram a redução da profundidade da tela para poucos centímetros. Além do LCD foram desenvolvidos sistema na base da descarga de gás em cada pixel, chamado Plasma e os compostos por LED – *Light Emissor Diodo* cuja tecnologia permite reduzir ainda mais a profundidade da tela. Todos seguem o mesmo princípio, maior carga elétrica recebida, maior brilho emitido. Está em pesquisa o sistema OLED - *Organic Light Emitting Diode*, cujo consumo de energia é ainda menor, com maior brilho por pixel e com a vantagem de fabricação de telas com menos de um milímetro de profundidade, maleável como uma folha de papel. Todos estes displays são excitados digitalmente sobre o princípio de formação da imagem por linhas e pixels.

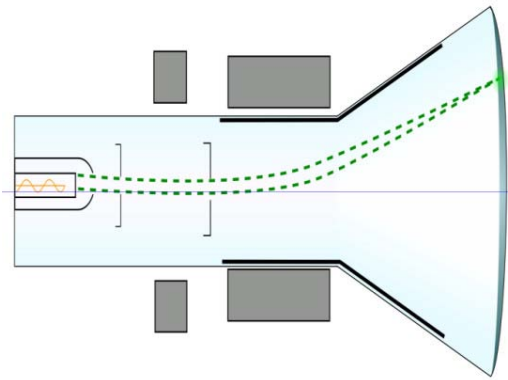


Fig. 3 –Esquema do Monitor CRT

Fonte: www.guiadohardware.net/tutoriais/monitores-1

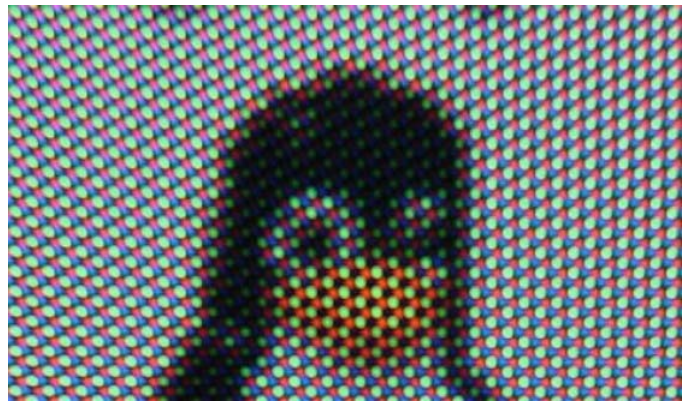


Fig. 4 - Disposição dos pixels no monitor CRT

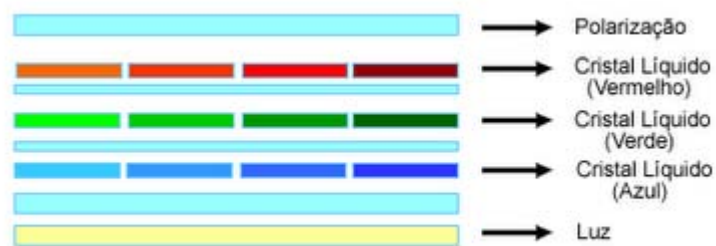


Fig. 5 - Monitor LCD - Esquema de construção

Fonte: <http://theheinz-herbert.blogspot.com/2009/05/como-funciona-o-monitor-lcd-nos.html>

Graças à tecnologia digital, foi possível o desenvolvimento de novas capacidades de resolução. Enquanto na TV analógica a imagem é sempre produzida por uma quantidade de pixel em cada linha, a chamada resolução da imagem ou em linguagem técnica “resolução horizontal” pois é a quantidades de elementos dispostos e varridos horizontalmente em cada linha, o sistema digital permite alterar as resoluções. A resolução da imagem na TV analógica

é compatível a uma resolução digital de 640x480, ou seja, 640 linhas com 480 pixels por linha, próximo as 525 linhas com 450 pixels por linha. No sistema digital as resoluções podem ser construídas em diversas capacidades. Por uma necessidade de padronização entre os fabricantes, para que haja compatibilidade com os sistemas eletrônicos e para que as resoluções reproduzam imagens nos aspectos dos displays existentes, as resoluções mais utilizadas para formação de imagem digital são 720 x 480, 800 x 600, 1024 x 800 e outras que mantenham um aspecto de imagem em torno do formato 4:3. A figura 06 apresenta a comparação entre as diversas resoluções que atendem ao aspecto 4:3.

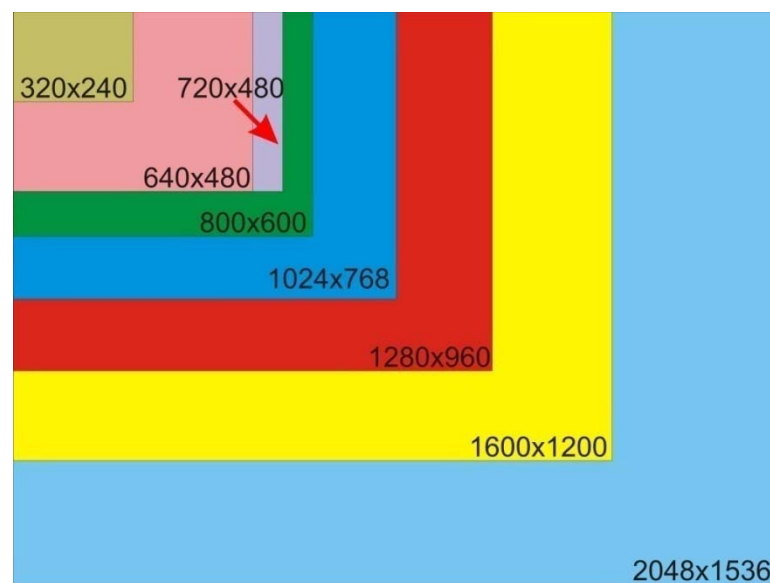


Fig. 6 - Resoluções de imagem digital aspecto 4x3

Com a mudança tecnológica, chegou o momento em que a televisão poderia implantar o formato de tela mais larga, já utilizada pelo cinema desde a década de 60. A adoção do aspecto 16:9 como formato de display para a TV digital, o aumento na largura se tornou proporcional à capacidade visual humana. Os olhos humanos são dispostos horizontalmente a uma distância média em torno de 6,5 cm entre o olho esquerdo e o direito. A imagem vista pelos dois olhos são processadas individualmente e permitem ao cérebro fundir as duas imagens gerando as informações sobre distância, profundidade, posição e também um aumento do campo visual humano. Este efeito é conhecido por estereoscopia.

A estereoscopia é a simulação de duas imagens da cena que são projetadas nos olhos em pontos de observação ligeiramente diferentes, o cérebro funde as duas imagens, e nesse processo, obtém informações quanto à profundidade, distância, posição e tamanho dos objetos, gerando uma sensação de visão de 3D.²

A capacidade do cérebro ao fundir as imagens vistas pelos dois olhos com o aumento da lateralidade no campo visual torna a proporção visual no aspecto 16:9 mais interessante e confortável ao espectador que no aspecto 4:3. O aspecto 16:9 praticamente obedece a proporção áurea, que define o retângulo áureo, cujas medidas descrevem um retângulo que tem seus lados a e b na razão áurea $a/b=1,618034$. O retângulo áureo exerceu grande influência na arquitetura grega e nas regras da composição artística que veio a influenciar a composição da imagem na fotografia, cinema e posteriormente, na imagem da televisão. Este retângulo é base de enquadramento para muitas obras arquitetônicas, como o Partenon e obras plásticas, como a “A última Ceia” de Leonardo da Vinci. A figura 07 mostra a proporção áurea aplicada a disposição de visão dos olhos.

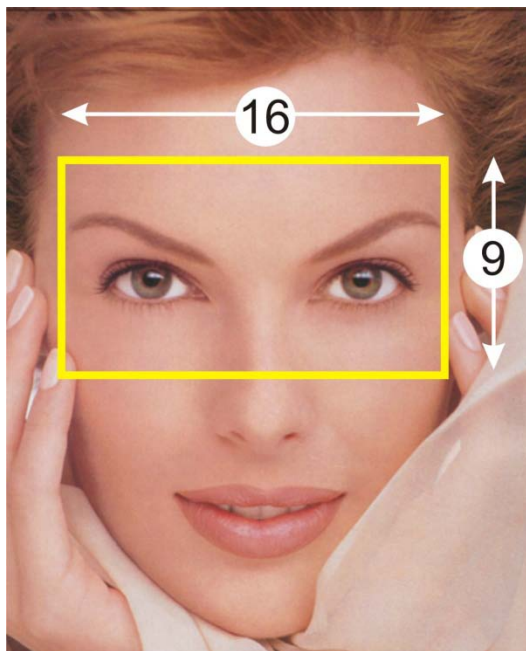


Fig. 7 - Área visual na proporção 16:9

² <http://pt.wikipedia.org/wiki/Estereoscopia>, acessado em 02/08/2009

Para a produção da imagem para TV digital no aspecto 16:9, são mais utilizadas as resoluções 720x480p, 1280x720p e 1920x1080p, esta última *full HD*. A figura 8 apresenta a relação dos formatos adequados ao uso do aspecto 16:9.

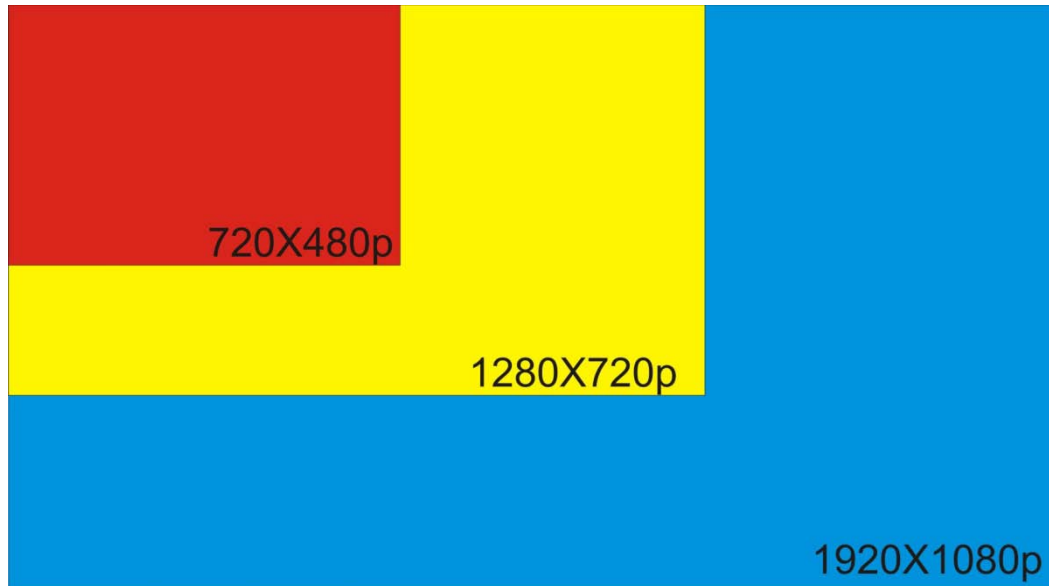


Fig. 8 - Resoluções de imagem para TV digital aspecto 16:9

No capítulo “Formatos de imagem para TV Digital” serão aprofundados os estudos sobre o padrão tecnológico para imagem nas diversas codificações.

1.3- TV Digital: produção e transmissão

A TV Digital é o assunto do momento. Novas tecnologias, maior qualidade de sons e imagens, sons em até seis canais distintos, interatividade, gravação da programação diretamente em disco rígido, possibilidades de executar as operações de *pause*, *replay* e *slow-motion* em transmissão ao vivo, navegação por outras informações como se faz na internet, tudo no aparelho receptor de TV digital.

Porém é fundamental que se conheça as diferenças do tema divididos em produção e difusão. Quando o assunto é TV Digital, a primeira idéia que tem o público leigo são as mudanças proporcionadas por esta tecnologia: captação de imagens, alta definição, interatividade, navegação pela internet na própria TV. A tecnologia digital está inserida em todas as etapas da televisão, mas é necessário separar as etapas de produção, atividade interna

da produção em televisão e difusão dos sinais desde a emissora de TV até o receptor na casa do telespectador.

A tecnologia da TV Digital começou a ser discutida na década de 1980, quando a comissão de tecnologia da NAB – *National Association of Broadcasters*, percebendo a evolução da informática e a acomodação dos fabricantes de equipamentos de Rádio e TV, lançou o grande desafio: ou as indústrias de equipamentos evoluíam, ou em pouco tempo, a informática abocanharia os serviços de rádio e TV. Em 1987 foi criado nos Estados Unidos o ACATS – *Advanced Committee on Advanced Television*, com o objetivo de desenvolver novos conceitos nos serviços de televisão totalmente digital. Criou para isso o comitê DTV – Digital Television. (LEMOS, 2007. P.20)

Um fator decisivo para que as tecnologias de transmissão de sons e imagens buscassem uma nova tecnologia de transmissão, era o da saturação do espectro de frequência, por onde são transportadas as ondas eletromagnéticas, cujos espaços estavam cada vez menos disponíveis e surgiam cada vez mais dispositivos que se utilizavam da tecnologia do “wireless”, ou seja, a tecnologia dos equipamentos sem fio, tais como controles remotos, telefonia celular e outros.

Duas frentes de pesquisa iniciaram buscas de soluções. A indústria da produção precisava se apropriar dos conhecimentos da digitalização de sons e imagens, com objetivos de preservação de qualidade e redução dos espaços físicos necessários para armazenamento, processamento e difusão dos conteúdos audiovisuais. Ao mesmo tempo, a indústria da difusão de sons e imagens, precisava encontrar uma solução para reduzir a quantidade de elementos a serem transportados dentro da banda já destinada para trafegar sons e imagens, cujo loteamento no espectro de frequências já estava extremamente limitado.

As duas tecnologias, nos seus desenvolvimentos, passam a procurar novos rumos para a captação de sons e imagens, armazenamento, edição, processamento e difusão, resultando na TV Digital como está sendo implantada.

1.4- Difusão em sistema Digital para a TV aberta

Falar em “TV Digital” refere-se ao processo de mudança do sistema de transmissão da TV aberta terrestre, ou seja, a forma como o sinal sai da emissora e chega à casa do telespectador, independente da tecnologia utilizada para a produção de sons e imagens.

Uma limitação básica da tecnologia de televisão está no fluxo de sinais através do ar. A transmissão de sinais requer o uso de uma porção do espectro eletromagnético, chamada radiofrequência, que na atmosfera é altamente vulnerável a interferências (GILDER, 1996:32).

O espectro eletromagnético é composto de cargas elétricas que produzem magnetismo pelo ar, que permitem transportar sinais na forma de radiofrequência medidas pela unidade chamada Hertz (Hz)³. Estas vibrações conduzem as informações de áudio, vídeo, cor e outras informações técnicas necessárias ao sistema de televisão. Essa ação de ondas eletromagnéticas, moduladas adequadamente por sinais de sons e imagens, torna possível a transmissão de TV à longa distância. A quantidade de frequências passíveis de serem transmitidas por um meio específico denomina-se largura de banda⁴.

Todos os componentes técnicos da imagem – luz, contraste, cor, pixels, sinais de sincronização, além dos sinais de áudio, entre outros – são convertidos em ondas eletromagnéticas, e assim podem ser transmitidos por longas distâncias para uso na televisão. Para isso, as ondas precisam ser convertidas na porção de radiofrequência do espectro eletromagnético e, dessa forma, tais frequências ocupam parte do espectro. Para acomodar todos os elementos necessários para a transmissão de sons, imagens, referência de cor, informações de sincronismo e varredura de vídeo, um canal de TV ocupa 6 MHz de largura de banda do espectro eletromagnético. Como comparação do tamanho ocupado no espectro, nos mesmos 6 Mhz de banda caberiam 960 telefones analógicos ou em torno de 20 mil telefones digitais funcionando simultaneamente. No espectro de frequência estão reservados 12 canais para TV na faixa denominada VHF – Very Hight Frequency e mais 55 canais na faixa de UHF – Ultra Hight Frequency. A tabela 1 apresenta as faixas de frequência reservada para os diversos serviços de comunicação. A tabela apresenta também alguns serviços sem ser o de comunicação, para que o leitor saiba que os espaços no espectro de frequência são utilizados

³ As ondas descobertas em 1887 foram chamadas de “ondas hertzianas”, em homenagem ao seu descobridor, o alemão Henrich Rudolf Hertz.

⁴ Largura de banda é a capacidade de enviar informação por um determinado canal. A maioria das pessoas procura compreendê-la comparando-a ao diâmetro de um tubo ou ao número de pistas numa rodovia. (NEGROPONTE, 1995:27)

também para outras atividades. O espaço reservado para um tipo de serviço não pode ser utilizado por outro, o que torna a distribuição de utilização bastante limitada.

faixa de	até	serviço
20 Hz	20.000 Hz	Sons audíveis
20 KHz	30 KHz	Ultrassom
530 KHz	1.600 KHz	Rádio AM - 107 emissoras com 10 KHz de banda
34,48 MHz	34,82 MHz	Rádio Taxi
38 MHz	40,6 MHz	Telemedicação Biomédica
40,6 MHz	40,7 MHz	Telemedicação de características de materiais
40,7 MHz	41,0 MHz	Telemedicação Biomédica
41,0 MHz	49,6 MHz	Diversos serviços
49,6 MHz	49,9 MHz	Telefone sem fio
49,9 MHz	54 MHz	Diversos serviços
54 MHz	60 MHz	Televisão VHF - Canal 2
60 MHz	66 MHz	Televisão VHF - Canal 3
66 MHz	70 MHz	Televisão VHF - Canal 4
70 MHz	72 MHz	Radioastronomia
72 MHz	73 MHz	Telecomando
73 MHz	75,4 MHz	Rádio Navegação Aeronáutica
75,4 MHz	76 MHz	Telecomando
76 MHz	82 MHz	Televisão VHF - Canal 5
82 MHz	88 MHz	Televisão VHF - Canal 6
88 MHz	108 MHz	Radiodifusão Rádio FM - 99 canais em faixas de banda de 200 KHz
88 MHz	108 MHz	Microfone sem fio de alcance restrito
108 MHz	117,975 MHz	Rádio Navegação para Aeronáutica
117,975 MHz	121,5 MHz	Comunicação Móvel para Aeronáutica
121,5 MHz	121,5 MHz	Comunicação de Socorro Internacional
121,5 MHz	136 MHz	Comunicação Móvel para Aeronáutica

Tab. 1 - Espectro de Frequência e alguns dos serviços atribuídos

Continuação da tabela 1

faixa de	até	serviço
136 MHz	138 MHz	Satélites Meteorológicos Internacionais
138 MHz	143,6 MHz	Reservado para as comunicações fixas e móveis
143,6 MHz	143,65 MHz	Pesquisas Espaciais
143,65 MHz	144 MHz	Rádio Amador
144 MHz	146 MHz	Rádio Amador por Satélite
146 MHz	148 MHz	Rádio Amador
148 MHz	149,17 MHz	Reservado ao SESC - Serviço Especial de Supervisão e Controle
149,17 MHz	174 MHz	Diversos serviços
174 MHz	180 MHz	Televisão VHF - Canal 7
180 MHz	186 MHz	Televisão VHF - Canal 8
186 MHz	192 MHz	Televisão VHF - Canal 9
192 MHz	198 MHz	Televisão VHF - Canal 10
198 MHz	204 MHz	Televisão VHF - Canal 11
204 MHz	210 MHz	Televisão VHF - Canal 12
210 MHz	216 MHz	Televisão VHF - Canal 13
216 MHz	470 MHz	Diversos Serviços
470 MHz	476 MHz	Televisão UHF - Canal 14
476 MHz	482 MHz	Televisão UHF - Canal 15
482 MHz	806 MHz	Televisão UHF - Canais 16 a 69
806 MHz	824 MHz	Diversos serviços
824 MHz	834,4 MHz	Telefonia Celular Banda "A"
834,4 MHz	845 MHz	Telefonia Celular Banda "B"
845 MHz	869 MHz	Diversos Serviços
869 MHz	880 MHz	Telefonia Celular Banda "A"
880 MHz	880,6 MHz	Outros Serviços
880,6 MHz	890 MHz	Telefonia Celular Banda "B"
890 MHz	891,5 MHz	Telefonia Celular Banda "A"
891,5 MHz	894 MHz	Telefonia Celular Banda "B"
894 MHz	896 MHz	Telefonia Celular Aeronáutico
896 MHz	3.000 MHz	Outros Serviços
3 GHz	3,1 GHz	Rádio Navegação e Rádio Localização
3,7 GHz	4,2 GHz	Descida de sinal de Satélite Banda "C"
5,925 GHz	6,425 GHz	Subida de sinal de Satélite Banda "C"
6,425 GHz	7,125 GHz	Sistema Digital
10,7 GHz	11,7 GHz	Rádio Digital

Continuação da tabela 1

faixa de	até	serviço
10,7 GHz	12,2 GHz	Descida de sinal de Satélite Banda "Ku"
13,75 GHz	14,8 GHz	Subida de sinal de Satélite Banda "Ku"
14,5 GHz	15,35 GHz	Rádio Digital

Uma solução encontrada para resolver os problemas de saturação do espectro de frequência foi a digitalização dos sinais. Se os 6 MHz, que parece muito espaço do espectro, já é apertado para um canal de TV analógico e limita a quantidade de pixels a serem transmitidos, certamente esse espaço poderia ser melhor aproveitado se as informações a serem transportadas pudessem ser compactadas, como na tecnologia que permite compactar informações que é a tecnologia digital, já utilizada pela informática.

Como são representações numéricas finitas (que começam com 00000000 e acabam com 11111111) os sinais digitais, ao contrário dos analógicos, podem ser transformados em fórmulas que ocupam menos espaço na onda. Comprimidos assim, eles podem viajar em grupos muito maiores do que os sinais analógicos. O resultado é que o consumidor recebe mais canais e ainda alguns serviços complementares.” (Revista Superinteressante, Ano 10. n.º 08, Agosto, 1996, p. 70-71)

Na tecnologia de transmissão da TV analógica, os sinais elétricos de áudio e vídeo são transformados pelo equipamento chamado “modulador” em um conjunto de frequências acomodado em um pacote, que é amplificado pelo transmissor da emissora de TV e irradiado pelo ar. O sinal irradiado pelo transmissor da emissora trafega pelo ar até ser captado por uma antena de recepção. O sinal em radiofrequência é então levado ao aparelho receptor, amplificado e direcionado para os componentes do televisor, o áudio é levado para os filtros e amplificadores de áudio e o vídeo é direcionado para o amplificador de vídeo e reconstruído na tela por meio dos circuitos de varredura de forma que o telespectador possa ver em sua casa, os sinais transmitidos pela emissora. Como áudio e vídeo estão na forma analógica, como sinais elétricos, há perda durante o processo de transformação e irradiação. A perda pode chegar a 30% em relação ao sinal transmitido.

Nos atuais sistemas analógicos, em função das perdas, a definição nos aparelhos receptores (TVs e videocassetes) atinge, na prática, somente 330 linhas horizontais, ou seja, ocorre uma perda de 50%, o que impacta diretamente na qualidade da imagem que vemos na TV. Digitalmente, a imagem é imune a interferências e ruídos, ficando livre dos “chuviscos” e “fantasmas” tão comuns na TV analógica.(BECKER e MORAES, 2009, p.3)

Na tecnologia de transmissão digital, devido às possibilidades de compressão dos sinais, é possível a otimização do espaço do espectro de frequências. Nesta tecnologia, áudio e vídeo são codificados para o padrão numérico, acomodados em um pacote de sinal digital pelo equipamento modulador e então convertidos para radiofrequência, para ser irradiado. O transmissor amplifica o sinal já digital e o irradia pelas antenas transmissoras. O sinal trafega no formato de radiofrequência, porém seu conteúdo está codificado digitalmente. A antena receptora capta o sinal irradiado pelo ar, leva ao receptor digital que o decodifica novamente como áudio, vídeo e todas as demais informações sobre cor, sincronismo, varredura, etc., e distribui sinais de áudio e vídeo para seus respectivos amplificadores. Neste caso, áudio e vídeo foram convertidos de analógico para digital, transmitidos no formato digital e reconvertidos de digital para áudio e vídeo sem sofrer as perdas características da transmissão analógica. Considerando apenas esta etapa do processo, o receptor reproduzirá a mesma qualidade técnica do sinal transmitido pela emissora. Sem entrarmos nas demais vantagens oferecidas pela tecnologia digital, só nesta etapa de transmissão já é garantido ao telespectador receber sons e imagens em sua casa com mais qualidade técnica.

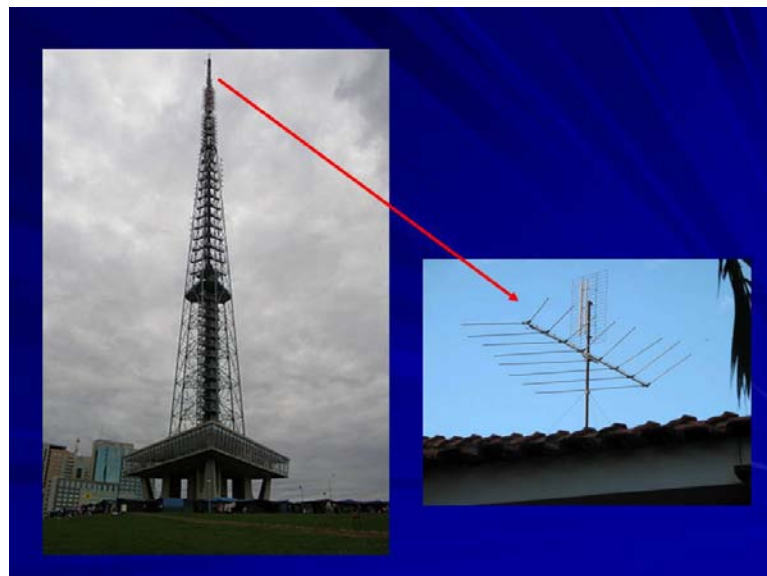


Fig. 9 - Esquema ilustrativo da transmissão de TV terrestre

Portanto, ao se referir a mudança da TV analógica para TV Digital, deve-se entender que se fala do sistema de transmissão de TV terrestre, ou seja, a forma como o sinal de TV sai da emissora e chega aos aparelhos receptores de TV. É neste aspecto que se aplicam as tecnologias disponíveis e a escolhida para ser aplicada no Brasil.

Os formatos adotados mundialmente foram objetos de pesquisa desde a década de 1980. O ACATS criou o ATTC – *Advanced Television Test Center*, que entre 1990 e 1992 testou seis propostas abandonada após a ineficiência apresentada nos testes. Em 1993 sete das empresas que participaram dos testes desenvolveram em conjunto um novo padrão, aprovado pela ATSC – *Advanced Television System Commitee*. O padrão ganhou o nome ATSC e entrou em operação nos Estados Unidos em 1998 (LEMOS, 2007. P.20). Diferente da introdução na cor na televisão, que, devido ao modelo de varredura permite que uma transmissão colorida seja captada por um receptor preto e branco, o sistema digital é totalmente incompatível com a plataforma analógica para recepção de televisão. Por esta razão, decidiu-se que o conteúdo de programação transmitido pelo sistema digital deverá ser o mesmo transmitido pelos canais analógicos pelo período de 10 anos. Estima-se que neste tempo, o público telespectador abandonará gradativamente os antigos aparelhos, adquirindo os novos já preparados para a recepção digital ou os conversores denominados set-top-box, que permitem converter o padrão de recepção de TV no formato digital para ser apresentado em um receptor analógico. O padrão ATSC se mostrou bastante eficaz para o território americano, onde mais de 90 % dos domicílios são usuários de TV a cabo. No entanto o formato digital ATSC apresentou deficiências para territórios onde a predominância da transmissão se faz pelo ar em função das barreiras ao sinal proporcionadas por prédios, morros e outras. Este sistema exige que a antena receptora tenha visual com a antena transmissora o que não ocorre em muitos locais. Em 1993, surge na Europa o sistema DVB - *Digital Video Broadcasting*, cuja tecnologia tem bons resultados para irradiação pelo ar. Porém a mudança tecnológica não poderia ser apenas a mudança do sistema de transmissão, assim surgem em 1999 o sistema japonês ISDB – *Integrated Services Digital Broadcasting*, que, além de viabilizar a transmissão de sons e imagens em formato digital, permite também a integração de outros serviços pelo mesmo espectro de frequências. Mas a tecnologia permite mais do que apenas a melhoria básica da qualidade sonora e visual. Como definido pelo nome do sistema, permite que, além dos sinais de TV, sejam inseridos e transmitidos diversos serviços adicionais.

No Brasil, o Ministério das Comunicações criou em 2003 o projeto SBTVD-T – Sistema Brasileiro de TV Digital – Terrestre, com o objetivo de definir normas para a TV

Digital a ser implantada no Brasil. O projeto é formado por um consórcio de mais de setenta universidades cujos pesquisadores montaram 22 grupos de estudos visando os recursos a serem aplicados para a TV Digital no Brasil. Em 29 de junho de 2006, o Ministro das Comunicações Hélio Costa assina o decreto 5.820 que determina a implantação da TV Digital no Brasil tendo como base o sistema japonês ISDB. Em 02 de dezembro de 2007 entrou no ar oficialmente a TV Digital no Brasil, com previsão para transmissão conjunta o sistema analógico e o digital para até 29 de junho de 2016, quando o sistema de televisão analógico brasileiro será desligado. A partir de então o espectro de frequência utilizado pela TV analógica será redistribuído para outros serviços que precisam deste espaço. Dentro deste período o Ministério das Comunicações determinou os prazos para que as emissoras de TV brasileiras de preparem e iniciem as transmissões no sistema digital, cujo cronograma resumido pode ser observado na figura 02.

